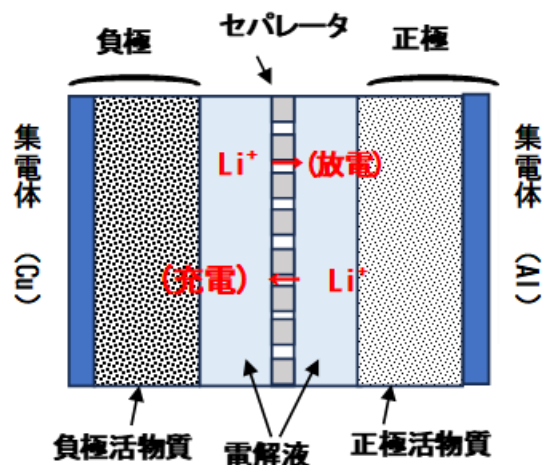


PSB (Process Safety Beacon) 2023年9月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.207) https://sce-net.jp/main/group/anzen/	化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 木村雄二)
リチウムイオン電池の危険性 (PSB 翻訳担当: 林 和弘)		
<p>司会 : 今月号は、ノートパソコン、カメラ、スマートフォンなど多くの消費者製品に搭載されるようになったリチウムイオン電池の火災や爆発の危険性を取り上げています。</p> <p>まず、今月号の記事についてご感想や意見がありましたらお聞かせください。</p> <p>竹内 : 今月号は、CCPS では前の月に用意していたものですが、Wacker Polysilicon の事故の報告書が6月に CSB から発行されたのを受けて、今月に延期されたものです。リチウムイオン電池の実験の写真が掲載されていますが、日本からも NITE(製品評価技術基盤機構)からも承諾頂いて、似たような写真を CCPS に提供していました。残念ながら、今回は他の写真が採用されました。</p> <p>木村 : ネットでサーチするとリチウムイオン電池の危険性を指摘した記事がとて多く見つかります。「なぜモバイルバッテリーは預け入れ荷物として飛行機に持ち込めなくなったのか」、「誰もが黙認している…旅客機のバッテリー火災問題」「リチウムイオン電池の事故に注意!」「スマホのリチウムイオン電池からの出火を防ぐには?安全な取り扱い方法をスマホのプロが解説」「リチウムイオン電池搭載製品の発火事故事例」「B787事故 危ない電池 発火性高いリチウムイオン 10年に火災墜落も」等々です。</p> <p>このようにリチウムイオン電池の危険性に関する話題は枚挙にいとまがない状態です。</p> <p>林 : 東京消防庁から発表されているリチウムイオン電池からの出火件数は、管内で平成 28 年～令和2年までの 5 年間で 399 件、さらにごみとして廃棄されたリチウムイオン電池から 56 件で、火災の発生状況と防止策、特に廃棄の要領など注意を呼び掛けています。(https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/hp-kouhouka/pdf/031104.pdf)</p> <p>防止策として、機器購入時の指定された充電器と純正電池の使用、充電の際の電圧の確認、膨れや発熱など異常を認めたら使用を止めメーカーや販売店に相談、廃棄は事業団体の回収リサイクルに出すことなどが記述されていました。最近になっての問題として取り上げるべきテーマと思いました。</p> <p>今出 : リチウムイオン電池を搭載した製品の使用中の発火などによる災害が多く発生していますが、ゴミとして廃棄されゴミ収集車や処理場で発煙や発火して火災になるケースが多く発生していて大きな問題となっています。環境省の 255 市区町村の状況調査によれば、令和 3 年度二次電池に起因して出火、自力で消火した件数は 5,517 件あり、火花、発煙発生のみで出火していない件数も含めると 1 万件を超えています。(https://www.env.go.jp/recycle/libtaisaku.pdf , P31)</p> <p>ある自治体のゴミ焼却場のゴミピットで、リチウムイオンバッテリーが原因と推定される火災が発生し、クレーンなど設備が焼損し、復旧するのに約 11 ヶ月かかり、停止期間中の他の自治体での焼却費などの経費を合わせると約 50 億円必要であったようです。幸い人身災害はなかったようですが、このような大きな損害になる可能性があります。</p> <p>竹内 : その事故は私の住んでいる自治体で発生したのですが、事故の後、リチウムイオン電池を内蔵する家電は自分で分解して電池を除去するのではなく、そのまま専用ボックスに入れる様にルールが変更になりました。</p> <p>上田 : 企業向けの火災保険の分野でも、産業廃棄物処理にて、リチウムイオン電池が混入した火災事故が増えており、危機感を持っています。いろいろな再発防止策がある中で、先進的な事例として、カメラの AI 画像解析により、火花を検知するソリューション(Spark Eye)をご紹介します。とてもわかりやすい Youtube なので、ご覧ください。</p> <p>https://www.dinsgr.co.jp/news/pdf/release_20201116.pdf https://www.youtube.com/watch?v=NhDK5NgfUpc</p> <p>塩谷 : プラスチックリサイクル工場でも近年発火事故が増加しているそうです。リサイクル工場のプラスチックの解砕工程における「解砕機」の刃によって、リチウムイオン電池が押し潰されて、ショート・発火し、周囲にあるプラスチックに着火してしまうことがあるそうです。容器包装リサイクル協会によると、リサイクル工場での発火事故は令和元</p>		

年から急増し、令和4年まで毎年280件以上の発火事故が発生し、その内の45%以上がリチウムイオン電池によるものだそうです。リチウムイオン電池はきちんと一般ごみと分別し、回収・リサイクルすることが必要です。

今出 : リチウムイオン電池の日常の安全な使い方については、電池工業会のHPに詳しく紹介されていますので参考になるとと思います。(https://www.baj.or.jp/battery/safety/safety16.html) その中でも発火の原因となる電池の劣化を抑制するためには、衝撃を加えない。決められた充電器で充電する。高温になる場所・熱のこもる場所での使用、放置をしない。などがあげられます。また、スマホを充電したまま眠ってしまっても大丈夫なのかという話を聞くことがあります。電池モジュールやスマホに過充電防止機能が付けられているので制御はされていますが、過去に衝撃や高温にさらされたことがあったり、必要以上充電を続けていると電池の劣化が進むので全く気にしなくてもよいというわけではないと思います。電池モジュールが熱を持ったり、変形などの異常に気づいたら使用を中止することが必要です。

牛山 : ところで、リチウムイオン電池の理解のため、その構造等を示しておきます。リチウムイオン2次電池(2次電池は、充電を行うことにより繰り返し使用することが出来る電池のこと。)は図の様に、正極部(集電体+活物質)、電解液、セパレータ、負極部(集電体+活物質)で構成されています。正極活物質はリチウムの金属酸化物(Co, Mn系が主。最近ではTi系も開発されている)に導電助剤をバインダーで固めた物が使用され、負極活物質はグラファイト等が使用されています。リチウムは水とは激しく反応し爆発するため、電解液は非水系有機溶剤を使用する必要があります。一般には、環状カーボネートと鎖状カーボネートの混合溶剤に電解質(LiPF₆など)を加えた物質を使用しており、この電解液は第4類第2石油類に該当し、引火性(引火点約40°C)があります。この電池には以下の特徴があります。



- ①起電力が約3.7Vと高い。
 - ②理論エネルギー密度(約240Wh/Kg)が高く(ニッケル水素電池の約3倍)、重量を軽くできる。
 - ③メモリー効果がないため、他の電池などのように完全充放電しなくても、追加充電が可能。
- また、他の2次電池より危険性も高いため、以下のような安全対策が採られています。

- ①PTC(Positive Temperature Coefficient): 特殊半導体抵抗素子で、ある温度以上で急激に抵抗が増え、過電流を防止
- ②CID(Current Interrupt Device): 破裂防止(セル内部の圧力が上昇した時に、機械的に電流経路を遮断)
- ③SMD(Separator Melt Down): 熱暴走防止(セル温度が上昇した場合、セパレータが溶け、イオンを通過させていた穴が閉じることで電流を遮断)

司会 : リチウムイオン電池の危険性を感じられたご経験や事例についてご存知の方はお話を聞かせください。

木村 : 最近自分のスマホをポケットに入れたまま歯科でインプラントの手術を受け、倒されていた椅子を戻すときにポケットが挟まれスマホが破壊されました。歯科の保険により無償で新品を入手しましたが、壊れたスマホの廃棄の前にメモリーとおぼしき部分の配線を切断したところ発火しました。リチウムイオン電池の危険性を実感した瞬間でした。

竹内 : 2年程前に、掃除機のバッテリーが弱くなったので買い替えようとしたら、メーカーがその掃除機のバッテリーの製造を終了していました。そこで、某大手の通信販売で互換バッテリーを購入したのですが、初期不良で返金して貰いました。そのバッテリーを量販店に持参して引き取って貰おうとしたら、「純正バッテリーしか引き取ってはいけないことになっている」と断られてしまいました。そこで、経済産業省に問い合わせたら、特に危険なバッテリー2機種は引き取らない様に通達しているが、私が持参したものはそれに該当しないことが判明し、量販店に説明して引き取って貰ったという経験をしました。それまでは、バッテリーの危険性をあまり意識していなかったので、驚きました。

木村 : 貨物輸送に関連して、UPS 航空 6 便墜落事故が起きましたが、これは 2010 年 9 月 3 日にアラブ首長国連邦・ドバイ発ドイツ・ケルン行きの貨物機で発生した機内火災により、全乗員 2 名が死亡した墜落事故です。原因として 81,000 個以上のリチウムイオン二次電池とその他の可燃物を含んだ貨物パレットの内容物の発火点による火災が引き起こされたと指摘されました。これは UPS 航空(ユナイテッド・パーセル・サービス傘下の貨物航空会社)にとって初の重大事故でもあり、コックピットの煙から機体を守る安全手順の再評価を促しました。

旅客用の航空機でも全日空が「B787」で運航する山口宇部空港発羽田行きの全日空 692 便は 2013 年 1 月 16 日、発煙トラブルで高松空港に緊急着陸した事故があり、発煙の発生源はメインバッテリーに同型機で初採用されたリチウムイオン電池であることが報告されています。これに関連して、供給元であるジーエス・ユアサ コーポレーション(GS ユアサ)に、国土交通省と米連邦航空局(FAA)が 21 日、合同で立ち入り検査に入りました。

竹内 : UPS 航空の事故で 81,000 個以上のリチウムイオン電池を積んでいたと聞くと、かなりの量の様な印象を受けますが、我が国の消防法では、内蔵する電解液の物性が「第四類(引火性液体)第二石油類」に該当するので、電解液の量が指定数量(1000 リットル)以上の場合は消防法上の規制を受けます。この量は、直径 18 mm、高さ 65 mm の円筒型リチウムイオン電池では約 50 万本以上に該当するとのことですので、とんでもない量でもなかったようですね。

三平 : 趣味でデジタルカメラを長く使っていて、充電して再使用する二次電池は必須の電源です。当初はニッケル水素電池を使いましたが、乾電池と同じ大きさで、単 3 を 4 本装填したカメラは重くて扱いが大変でした。リチウムイオン電池が出現し、カメラ側の必要量に合わせて電源パックが小型化、軽量化されたのは画期的で、カメラの使い勝手が格段に向上しました。当初は種々の機器の充電時に、電池パックや挿入した本体の発熱や発火が世間を騒がせ、私も充電器に放置した電池の温度上昇に気付いた以降は、取り扱いに神経を使いました。調べるとモバイル電子機器へのリチウムイオン電池の普及は 2000 年からの 10 年間で、初期に起きたトラブルは現在見られません。その後買い換えたカメラの電池充電で長時間放置しても異常はなく、今は電池の安全性向上の他に充電の制御にも工夫がなされているのだと思います。

司会 : リチウムイオン電池の危険性に関連して、どのような教育あるいは安全対策を実施されているか、ご経験、知見がありましたらお聞かせください。

木村 : 発火等の事故を完全に防ぐためには構造を全固体リチウムイオン電池に変えるなどの対応が必要ですが、現状では事故を発生させないためのルール作りに力点が置かれています。すなわち、世界で、危険物を国際輸送する場合、最高位のルールは国連(UN: United Nations)の「危険物輸送勧告」です。世界各国の航空・海上輸送は国連勧告の要件に従って運用されています。リチウム電池は、国連勧告で指定され国連番号を与えられている危険物です。航空、海上、鉄道、陸路の輸送には UN38.3 の試験をクリアしている必要があります。リチウム電池を空輸する際に確認すべきこととして下記が取り上げられています。

- ・セル及び組電池は該当する国連試験をクリアしているか
- ・すべての端子が短絡保護されているか
- ・梱包制限を順守しているか
- ・外側と内側に適切なパッケージが使用されているか
- ・パッケージに必要なマークとラベルがついているか
- ・必要書類を付与されているか

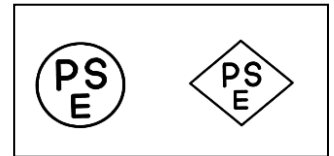
なお、航空分野では、2023 年の IATA DGR(航空危険物規則書) 第 64 版 改定により、航空輸送によるリチウム電池(リチウムイオン電池、リチウム金属電池)輸送について、主要な 5 つの変更が報告されています。国内でも「ANA 国内貨物 リチウム電池航空輸送ガイド」「2023 年 1 月からの日本航空における危険物取扱について」などが制定されています。

竹内 : UNDG でリチウム電池を検索すると、リチウム金属電池が UN3090、リチウムイオン電池が UN3480 と記されています。更に機器に内蔵されているリチウム金属電池が UN3091、機器に内蔵されているリチウムイオン電池が UN3481、と分類されています。CCPS でこの Beacon を作成する時に、「単にリチウム電池(Lithium battery)と書くのとリチウムイオン電池ではなく、リチウム金属電池になるので気を付けましょう」という話が出ていました。UNDG については、私たち安全研究会が翻訳した CCPS のプロセス安全基準(Process Safety Metrics)にも化学物質の危

険性を評価する項目で登場していましたが、電池も対象とするのは確かに合理的ですね。

牛山 : リチウムイオン電池の発火事故原因としては、外部短絡、過充電、内部短絡があるようです。外部短絡は電池を廃棄する際に電極のシールが不完全だった場合など、ゴミ処理場などの火災事故の原因になることが知られています。過充電に対しては、昔は問題となった例が多くありましたが、最近の電池では防止装置がしっかりついていて対策は取られています。問題は内部短絡ですが、この要因としては、外部からの衝撃、セパレータの不良、原料や電池製造時のコンタミ、使用中の金属析出などがあげられます。外部衝撃や、過放電による金属析出といった使用上の問題はありますが、多くは電池製造時の品質管理がしっかりしていれば、避けられる点が多いようです。要は製造元がしっかりした電池を使用すれば問題無いということでしょうか。一方で、リチウムイオン電池は一旦火災になるとなかなか消火できないということも多いようで、事故が起こった時の対応を考慮しておくことも重要です。小型の機器であれば水の中に全体を入れてしまうのが良いそうです。

今出 : 現在、JISによりポータブル機器および産業用機器に使われるリチウムイオン電池の安全基準が定められています。電気用品安全法により加圧、落下、過充電、高温などの試験を行い安全基準に適合した製品には、右図のようなPSEマークを表示することができます。電池には丸のPSE、充電器には菱形のPSEマークが表示されています。米国ではULマーク、EUではCEマークが同様な基準で表示されています。この安全基準を満足するために、内圧上昇制限、温度上昇制限、短絡時の過電流防止、過充電・過放電防止など多くの安全機構が各電池モジュールや充電器に取り付けられています。標準より安価な電池やこれらのマークがないものは安全機能が不十分、電池自体の品質に問題がある可能性が高いので、PSEマークのついた正規品を使うことが大切です。



司会 : Beacon の最後に「工場内で電池駆動の車両を使用する場合、許可された場所にのみに駐車し、可燃物の近くに駐車しないこと」とあります。これでは、少し説明がないとハイブリッド車をガソリンスタンドに駐車できなくなりそうです。この点に関連したご経験、知見がありましたらお聞かせください。

木村 : 電気自動車の火災に関する話題も数多く見出せます。衝突事故等については以下の報告があります。2021年4月17日夜、米国テキサス州ヒューストン北部で米Tesla(テスラ)の電気自動車(EV)「モデルS」が木に衝突して炎上し、2人が死亡した。テスラ以外のメーカーのEVでも火災事故が相次ぐ。21年8月14日にはドイツVolkswagen(フォルクスワーゲン、VW)のEV「ID.3」がオランダで充電後に発火。米GMの「Bolt EV」も充電中に電池から発火した事例が複数あり、GMは3回にわたってリコール(回収・無償修理)を発表した。
(<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00001/06034/>) これ以外にも、「水没」したHVやEVに触れるのは「危険」という情報は本当か?」に始まり、「EV車等の火災発生の可能性について」という資料が日本防災教育訓練センターから報告され、その中では塩水で浸水したEVのためのガイドランスとしてNHTSA(米国運輸省道路交通安全局)は、まず浸水した電気自動車を特定し、構造物や他の車両、可燃物から少なくとも50フィート(約15メートル)離れた場所に移動させることを強調しています。したがって、通常の使用状態のHVやEVについては特に規制がないと考えてよろしいのではないかと思いますがいかがですか。

竹内 : イギリスのMFU Mutual Risk Management Service という組織から“FIRE SAFETY GUIDE FOR FORKLIFT TRUCK OPERATIONS” というガイドラインが出されていて、鉛蓄電池駆動のフォークリフトの充電は60分耐火性能の別の建物内で行うべきで、それが出来ない場合は、充電エリアは限定した場所にして、可燃物との距離は少なくとも1.5m取ること、と記載されています。その他、充電設備について細かく指示しています。一方、リチウムイオン電池駆動のフォークリフトについては、充電ステーションに火災報知機を設置すること、無人状態で充電しないこと、充電中、および使用されていないときはできる限り、90分耐火性能を備えた容器に入れること、とされていて駐車についての厳密な記述はありません。アメリカでは、防爆仕様のフォークリフトの規格としてEEとEXとがあり、EEはモーターや接点が封入されているもの、EXは更に防爆エリアでの使用に適しているかを試験されたものなということです。Beaconで記述されているフォークリフトもこれらの規格を満足していることは当然です。
<https://www.nfumutual.co.uk/globalassets/business/rms/2021-update/forklift-truck-fire-safety-guide.pdf>
<https://ricoequipment.com/ee-vs-ex-rated-lift-trucks/>
最近テレビニュースで見かけたのでNITEの実験映像を紹介したいと思います。、直射日光の当たる車のダッシュ

ボードにモバイルバッテリーを放置すると発火することがあるというものです。

<https://www.nite.go.jp/jiko/chuikanki/poster/kaden/23062701.html>

司会 : その他、関連するお話があればお願いします。

今出 : SCE・Net は定期的に技術懇談会を開催していますが、今年の6月に大阪公立大学の林 晃敏教授により「全固体電池実現に向けた固体電解質の開発」についてのご講演がありました。リチウムイオン電池の発火の原因となっている液体電解質にかわる固体電解質の実用化に向けて精力的に研究をされています。また自動車メーカーや電池メーカーでも開発を進めているようです。最近、トヨタ自動車ではEV車への実用化の計画を2027~28年へと加速することを発表しています。

(トヨタタイムズ 2323.06.13 https://toyotatimes.jp/report/technical_workshop_2023/001_1.html)

木村 : 全固体電池に関する研究開発に関連し、私が在籍していた工学院大学における研究の一端を紹介いたします。同大学院工学研究科の関志朗准教授、大学院博士課程3年の平岡紘次さんと、論文が執筆された昨年度、大学院修士課程2年だった小野貴亮さんは、ファインセラミックスセンター、電力中央研究所と共同で、酸化物系全固体ナトリウム電池を開発しました(https://www.jfcc.or.jp/press/r23_1.html)。また、電池内部の化学的結合変化を電池が使われていても計測できる新システムを確立しています。この開発で、全固体電池が充放電中でも劣化箇所・劣化要因を明らかにでき、実用化に一步近づくと期待されています。

司会 : リチウムイオン電池の危険性について、ご意見、知見をいただきましてありがとうございました。現場でリチウムイオン電池を活用されておられる関係者の皆さんに大いに参考になると思います。

キーワード: リチウムイオン電池、危険性、火災、産業廃棄物処理、電気自動車、衝突事故、充電、浸水、貨物輸送、墜落事故、危険物輸送勧告、全固体電池

【談話室メンバー】

今出善久、上田 健夫、牛山 啓、木村雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、
春山 豊、林 和弘、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、頼昭一郎、